

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-310800

(43)Date of publication of application : 07.11.2000

(51)Int.Cl.

G02F 2/02  
H01S 3/10  
H01S 5/065  
H04B 10/14  
H04B 10/06  
H04B 10/04

(21)Application number : 2000-017031

(71)Applicant : ATR ADAPTIVE COMMUNICATIONS RES LAB

(22)Date of filing : 26.01.2000

(72)Inventor : OGUSU MASAHIRO

(30)Priority

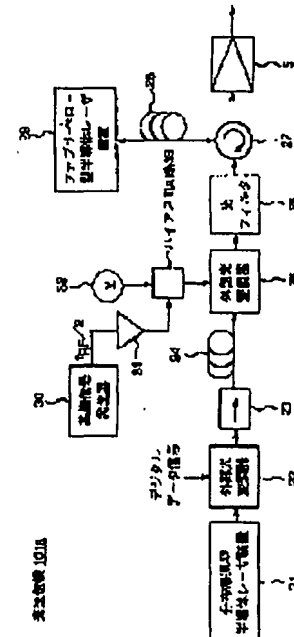
Priority number : 11044857    Priority date : 23.02.1999    Priority country : JP

**(54) TWO OPTICAL SIGNAL GENERATOR**

**(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a two optical signal generator which is capable of changing two frequencies having an optical frequency difference wider as compared with the conventional example and also in which the setting accuracy of the frequencies is satisfactory.

**SOLUTION:** An optical transmitter 101a makes an optical signal which is obtained by applying an intensity modulation to the optical signal generated by a single-mode distributed feedback type semiconductor laser device 21 by an external optical modulator 25 being a Mach-Zehnder type optical modulator having a non-linear optical modulation characteristic while using a high frequency signal having a prescribed ratio frequency  $f_{RF}/2$  a master optical signal and generates two optical signals having the optical frequency difference of the radio frequency  $f_{RF}$  to be selectively generated from multimodal optical signals by allowing specific two-mode optical signals to be injected synchronously while optically injecting the master optical signal to a Fabry-Perot type laser device 29 whose Q value is lowered.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 26.01.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 08.07.2003

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision]

Searching PAJ

of rejection]

[Date of extinction of right]

페이지 2 / 2

(19)日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-310800

(P2000-310800A)

(43)公開日 平成12年11月7日(2000.11.7)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	データベース*(参考)
G 0 2 F 2/02		G 0 2 F 2/02	
H 0 1 S 3/10		H 0 1 S 3/10	A
5/065		5/065	
H 0 4 B 10/14		H 0 4 B 9/00	S
10/06			

審査請求 有 請求項の数 7 O L (全 17 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2000-17031(P2000-17031)

(22)出願日 平成12年1月26日(2000.1.26)

(31)優先権主張番号 特願平11-44857

(32)優先日 平成11年2月23日(1999.2.23)

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 396011680

株式会社エイ・ティ・アール環境適応通信  
研究所

京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2

(72)発明者 小楠 正大

京都府相楽郡精華町大字乾谷小字三平谷5  
番地 株式会社エイ・ティ・アール環境適  
応通信研究所内

(74)代理人 100062144

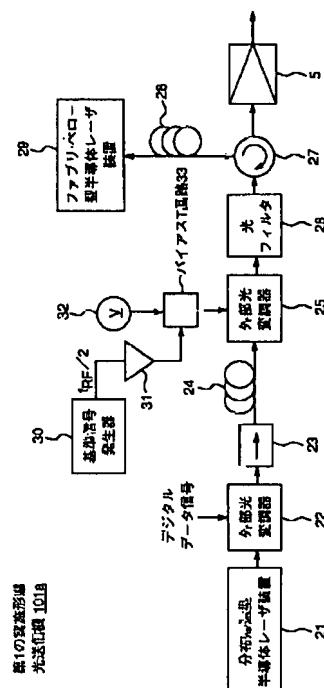
弁理士 青山 葆 (外2名)

(54)【発明の名称】 2光信号発生器

(57)【要約】

【課題】 2つの光周波数差の周波数を、従来例に比較して広く変化することができ、しかも周波数の設定精度を良好な2光信号発生器を提供する。

【解決手段】 光送信機101aは、単一モードの分布帰還型半導体レーザ装置21によって発生された光信号に対して、所定の無線周波数 $f_{RF}/2$ を有する高周波信号を用いて、非線形の光変調特性を有するマッハ・ツェンダ型光変調器である外部光変調器25により強度変調をかけたものをマスタ光信号とし、当該マスタ光信号を、Q値を低下させたファブリ・ペロー型半導体レーザ装置29に光注入させることにより、特定の2モードの光信号が注入同期して、多モードの光信号から選択的に、無線周波数 $f_{RF}$ の光周波数差を有する2つの光信号を発生させる。

図1の発明形態  
光送信機 101a

【特許請求の範囲】

【請求項1】 単一モードの光信号を発生する第1の光源と、

上記第1の光源によって発生された光信号を、入力信号に従って変調して、所定の光周波数差を有する特定の2つの光信号を含む変調後の光信号を出力する第1の光変調手段と、

上記特定の2つの光信号とそれぞれ実質的に同一の波長を有する特定の2つの光信号を含む多モードの光信号を発生する第2の光源と、

上記第1の光変調手段から出力される変調後の光信号を上記第2の光源に光注入する光注入手段とを備え、

上記変調後の光信号のうちの特定の2つの光信号を上記多モードの光信号のうちの特定の2つの光信号に注入同期させて、上記第2の光源から、注入同期された上記特定の2つの光信号を発生させることを特徴とする2光信号発生器。

【請求項2】 上記第1の光源と上記第1の光変調手段との間に挿入され、上記第1の光源によって発生された光信号を、入力されるデータ信号に従って変調して変調後の光信号を上記第1の光変調手段に出力する第2の光変調手段をさらに備えたことを特徴とする請求項1記載の2光信号発生器。

【請求項3】 上記第1の光源は、単一モードの光信号を発生するとともに、入力されるデータ信号に従って上記発生した光信号を変調して、変調後の光信号を出力することを特徴とする請求項1記載の2光信号発生器。

【請求項4】 単一モードの光信号を発生するとともに、入力信号に従って上記発生した光信号を変調して、所定の光周波数差を有する特定の2つの光信号を含む変調後の光信号を出力する第1の光源と、

上記特定の2つの光信号とそれぞれ実質的に同一の波長を有する特定の2つの光信号を含む多モードの光信号を発生する第2の光源と、

上記第1の光変調手段から出力される変調後の光信号を上記第2の光源に光注入しかつ上記第2の光源から出力される光信号を上記第1の光源に光注入する光注入手段とを備え、

上記変調後の光信号のうちの特定の2つの光信号を上記多モードの光信号のうちの特定の2つの光信号に注入同期させて、上記第2の光源から、注入同期された上記特定の2つの光信号を発生させることを特徴とする2光信号発生器。

【請求項5】 上記第1の光源と上記第2の光源との間に挿入され、上記第1の光源によって発生された光信号を、入力されるデータ信号に従って変調して変調後の光信号を上記第2の光源に出力する光変調手段をさらに備えたことを特徴とする請求項4記載の2光信号発生器。

【請求項6】 単一モードの光信号を発生する第1の光源と、

上記第1の光源によって発生された光信号を、入力信号に従って変調して、所定の光周波数差を有する特定の2つの光信号を含む変調後の光信号を出力する光変調手段と、

上記特定の2つの光信号とそれぞれ実質的に同一の波長を有する特定の2つの光信号を含む多モードの光信号を発生するとともに、上記発生した多モードの光信号を、入力されるデータ信号に従って変調して変調後の多モードの光信号を発生する第2の光源と、

上記光変調手段から出力される変調後の光信号を上記第2の光源に光注入する光注入手段とを備え、

上記光注入される変調後の光信号のうちの特定の2つの光信号を上記多モードの光信号のうちの特定の2つの光信号に注入同期させ、上記データ信号のレベルに応じて、上記注入同期をオン又はオフすることにより、上記第2の光源が上記特定の2つの光信号を発生するか否かをスイッチングさせることを特徴とする2光信号発生器。

【請求項7】 所定の第1の波長を有する単一モードの第1の光信号を発生する第1の光源と、

上記第1の光源によって発生された第1の光信号を、入力信号に従って変調して、所定の光周波数差を有する特定の2つの光信号を含む変調後の第1の光信号を出力する光変調手段と、

上記第1の波長とは異なる第2の波長を有する単一モードの第2の光信号を発生するとともに、入力されるデータ信号に従って上記発生した第2の光信号を変調して、変調後の第2の光信号を出力する第2の光源と、

上記特定の2つの光信号とそれぞれ実質的に同一の波長を有する特定の2つの光信号と、上記第2の波長と実質的に同一の波長を有する別の1つの光信号とを含み、互いにモード結合された多モードの光信号を発生する第3の光源と、

上記光変調手段から出力される変調後の第1の光信号と、上記第2の光源から出力される変調後の第2の光信号とを上記第3の光源に光注入する光注入手段とを備え、

上記変調後の第1の光信号のうちの特定の2つの光信号を上記多モードの光信号のうちの特定の2つの光信号に注入同期させ、かつ上記変調後の第2の光信号を上記多モードの光信号のうちの別の1つの光信号に注入同期させ、上記データ信号のレベルに応じて、上記2つの注入同期をともにオン又はオフすることにより、上記第2の光源が上記特定の2つの光信号を発生するか否かをスイッチングさせることを特徴とする2光信号発生器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ファイバリンクシステム等に適用され、所定の光周波数差（光波長差）を有しかつ光周波数差を調節可能な2つの光信号を発生

する2光信号発生器に関する。

#### 【0002】

【従来の技術】光ファイバリンクシステムは、デジタルデータ信号を光信号に変調して無線基地局まで伝送した後、光電変換して得られた無線信号を電力増幅して無線基地局のアンテナから無線送信するものである。

【0003】図11は、光ファイバリンクシステムの構成を示すブロック図である。図11において、例えば半導体レーザである光源1は、入力されるデジタルデータ信号により変調された光信号を第1の光信号（光周波数 $f_1$ ）として光合波器3及び光分岐器4を介して光増幅器5に出力する。一方、例えば半導体レーザである光源2は、その光周波数が光周波数制御器10により制御され、発生した光信号を第2の光信号（光周波数 $f_2$ ）として光合波器3及び光分岐器4を介して光増幅器5に出力する。ここで、光周波数の差 $|f_1 - f_2|$ は、図13に示すように、例えば数十乃至数百GHzのミリ波帯の無線周波数に設定される。光増幅器5は入力される光信号を電力増幅した後、光送信機101と、無線基地局にある光受信機200とを結ぶ光ファイバケーブル300を介して光受信機200に送信する。

【0004】一方、光分岐器4から分岐された、第1と第2の光信号が混合された混合光信号は、非線形の光電変換特性を有する高速フォトダイオードなどによる光電変換器6で光電変換された後、ミリ波信号発振器7と混合器8からなる周波数変換部により、より低い周波数の高周波信号に変換される。次いで、変換された高周波信号の成分の中から、上記非線形の光電変換特性により発生された光周波数の差 $|f_1 - f_2|$ に対応して比例する高周波信号を帯域通過フィルタ9により取り出し、光周波数制御器10に出力する。以上のように構成された光周波数のループ回路により、光周波数制御器10は、入力される高周波信号に基づいて、光源2により発生される第2の光信号の光周波数 $f_2$ を上記光周波数の差 $|f_1 - f_2|$ が一定になるように制御する。すなわち、2つの光源1、2の発振周波数差がミリ波周波数に相当するように、光電変換器6で2つの光信号の干渉成分を取り出し、これをミリ波信号発生器7との周波数の比較をし、その誤差信号で片側の光源2の光周波数を制御している。当該光送信機101については、例えば従来技術文献1「R. P. Braun, et al., "Optical millimetre-wave generation and transmission experiments for mobile 60GHz band Communications", Electronics Letters, Vol. 32 pp.626-627, 1996年」に開示されている（以下、第1の従来例という。）。

【0005】光受信機200において、光増幅器11は光ファイバケーブル300を介して光信号を受信した後、光電変換器12に出力する。光電変換器12は、非線形の光電変換特性を有する高速フォトダイオードを備え、入力される光信号を光電変換して帯域通過フィルタ

13に出力する。帯域通過フィルタ13は、光電変換された信号成分の中から、図14に示すように、上記非線形の光電変換特性により発生された光周波数の差 $f_0 = |f_1 - f_2|$ に相当するミリ波帯の無線信号を取り出した後、無線送信機14に出力する。無線送信機14は、電力増幅器を備え、入力される無線信号を電力増幅してアンテナ15を介して、例えば図12の無線受信機210に接続されたアンテナ91に向けて送信する。

【0006】図12は、第1の従来例の無線受信機210の構成を示すブロック図である。図12において、アンテナ91で受信された無線信号は、低雑音増幅器92で増幅された後、ミリ波帯の周波数 $f_0$ の無線信号のみを通過させる帯域通過フィルタ93を介して混合器94に出力される。混合器94は、入力される無線信号と、ミリ波信号発振器95によって発生された上記ミリ波周波数 $f_0$ に所定の中間周波数を加算した局部発振周波数を有する局部発振信号とを混合することにより、それらの信号の差周波数を有する中間周波数の受信ベースバンド信号を発生して、中間周波帯の信号のみを通過させる帯域通過フィルタ96及び信号増幅器97を介して出力する。そして、当該受信ベースバンド信号を復調器（図示せず。）で復調することにより、元のデジタルデータ信号を得る。

【0007】また、従来技術文献2「D.S.George et al., "Further Observations on the Optical Generation of Millimetre-wave Signals by Master/Slave Laser Sideband Injection Locking", MWP' 97, Post-Deadline Papers, PDP-2, 1997年」においては、2つの単一モード半導体レーザを備える構成において、スレーブ側レーザに正弦波信号を用いて強度変調をかけ、その高次モード周波数をマスター側レーザの周波数に同期させることにより、2つの光波のヘテロダイン干渉を利用した2光信号発生器（以下、第2の従来例という。）を構成することが開示されている。

【0008】さらに、従来技術文献3「Z. Ahmed, et al., "Low phase noise millimetre-wave signal generation using a passively modelocked monolithic DBR laser injection locked by an optical DSBSC signal", Electronics Letters, Vol.31, No.15, pp.1254, 1995年」において、可飽和吸収層を有する分布ブラッグ反射型半導体レーザ（以下、DBRレーザという。）を複数のモードで発振させ、外部装置から強度変調による2つの側波帯光を注入して同期を取ることで、2つの光波のヘテロダイン干渉を利用した2光信号発生器（以下、第3の従来例という。）を構成することが開示されている。

【0009】また、3つの分布帰還型半導体レーザを用いて光信号の伝送を行うシステムとして、以下の光伝送システムが提案されている。

【0010】従来技術文献4「L. Noel et al., "Novel

Techniques for High-Capacity 60-GHz Fiber-Radio Transmission Systems”, IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Vol.45, No.8, 1997年8月」において、2つの第1と第2の分布帰還型半導体レーザを用いて差周波数がミリ波帯である2つの光信号を発生するミリ波光源と、これらのミリ波光源とは光周波数が異なりかつデータ信号により直接変調された第3の分布帰還型半導体レーザとを備え、ミリ波帯の信号を空間伝送するための光ファイバリンクシステム（以下、第4の従来例という。）が開示されている。この第4の従来例では、送信側で、前者のミリ波光源で発生された2つの光信号と、後者の第3の分布帰還型半導体レーザで発生された光信号とを波長多重して送信する一方、受信側で光フィルタなどにより前者の2つの光信号と、後者の光信号とを波長分離し、それぞれ光電変換素子で電気信号に変換した後、光電変換後の電気信号を所定の局部発振信号と混合することにより、元のミリ波信号を得る。

【0011】さらに、従来技術文献5「R. P. Braun et al., "Low-Phase-Noise Millimeter-Wave Generation at 64 GHz and Data Transmission Using Optical Sideband Injection Locking", IEEE Photonics Technology Letters, Vol.10, No.5, pp.728-730, 1998年5月」において、デジタルデータ信号をバイアス電流として第1の分布帰還型半導体レーザに入力することにより、当該半導体レーザで発生される光信号を当該デジタル信号に従って直接的に強度変調して、その光変調信号の高次変調成分を、3dB光カップラを介して第2と第3の分布帰還型半導体レーザに注入して2つのモードの光信号を得ること（以下、第5の従来例という。）が開示されている。この第5の従来例において、第2又は第3の分布帰還型半導体レーザに対して弱い変調をかけると、注入同期的作用によりAM-PM変換の効果が生じて、同期出力光の光周波数は一定であるが、位相が変調されることを利用して、その位相変調信号を用いて信号伝送を行っている。

#### 【0012】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、第1の従来例においては、周波数制御回路による周波数の安定化には限界があり、ミリ波信号の位相雑音特性が悪く、そのままでは無線通信に利用できないという問題点があった。また、第2の従来例においては、正弦波信号の変調周波数を変えることで、ミリ波周波数は変えられるが、周波数の設定精度が200MHz程度の幅が出来てしまい、周波数の設定精度がきわめて悪いという問題点があった。

【0013】また、第3の従来例においては、レーザ中に分布帰還型の光フィルタがあるため、レーザ発振可能周波数の範囲が狭いことと、レーザの共振器としてのQ値が高いために、同期引き込み範囲が狭く搬送波周波数

の可変範囲が小さいという問題点があった。

【0014】さらに、第4の従来例では、波長分離のために、受信側の無線基地局毎に高価な光フィルタを設ける必要があり、かつ、電気信号の処理回路で再び混合器が必要であるため、周波数の高い電気部品が多数必要になる。従って、無線基地局が多数必要な場合には、無線基地局のコストがきわめて大きくなるという問題点があった。

【0015】またさらに、第5の従来例では、光信号へのミリ波信号の重畳のための変調器が不要であることが特長であるが、反面、発振周波数が良くそろった3個の分布帰還型半導体レーザを揃えなければならないという問題点があった。

【0016】本発明の第1の目的は以上の問題点を解決し、2光信号発生器が発生する2つの光周波数差の周波数を、第1乃至第3の従来例に比較して広く変化することができ、しかも周波数の設定精度が良好な2光信号発生器を提供することにある。

【0017】また、本発明の第2の目的は以上の問題点を解決し、光フィルタを必要とせず、第4の従来例に比較して構成が簡単であって、製造コストが安価であり、データ信号に応じて光信号の伝送を行うことができる2光信号発生器を提供することにある。

【0018】さらに、本発明の第3の目的は以上の問題点を解決し、発振周波数が異なる2個の分布帰還型半導体レーザを備えて構成でき、データ信号に応じて光信号の伝送を行うことができる2光信号発生器を提供することにある。

#### 【0019】

【課題を解決するための手段】本発明に係る請求項1記載の2光信号発生器は、単一モードの光信号を発生する第1の光源と、上記第1の光源によって発生された光信号を、入力信号に従って変調して、所定の光周波数差を有する特定の2つの光信号を含む変調後の光信号を出力する第1の光変調手段と、上記特定の2つの光信号とそれぞれ実質的に同一の波長を有する特定の2つの光信号を含む多モードの光信号を発生する第2の光源と、上記第1の光変調手段から出力される変調後の光信号を上記第2の光源に光注入する光注入手段とを備え、上記変調後の光信号のうちの特定の2つの光信号を上記多モードの光信号のうちの特定の2つの光信号に注入同期させて、上記第2の光源から、注入同期された上記特定の2つの光信号を発生させることを特徴とする。

【0020】また、請求項2記載の2光信号発生器は、請求項1記載の2光信号発生器において、上記第1の光源と上記第1の光変調手段との間に挿入され、上記第1の光源によって発生された光信号を、入力されるデータ信号に従って変調して変調後の光信号を上記第1の光変調手段に出力する第2の光変調手段をさらに備えたことを特徴とする。

【0021】さらに、請求項3記載の2光信号発生器は、請求項1記載の2光信号発生器において、上記第1の光源は、単一モードの光信号を発生するとともに、入力されるデータ信号に従って上記発生した光信号を変調して、変調後の光信号を出力することを特徴とする。

【0022】また、本発明に係る請求項4記載の2光信号発生器は、単一モードの光信号を発生するとともに、入力信号に従って上記発生した光信号を変調して、所定の光周波数差を有する特定の2つの光信号を含む変調後の光信号を出力する第1の光源と、上記特定の2つの光信号とそれぞれ実質的に同一の波長を有する特定の2つの光信号を含む多モードの光信号を発生する第2の光源と、上記第1の光変調手段から出力される変調後の光信号を上記第2の光源に光注入しかつ上記第2の光源から出力される光信号を上記第1の光源に光注入する光注入手段とを備え、上記変調後の光信号のうちの特定の2つの光信号を上記多モードの光信号のうちの特定の2つの光信号に注入同期させて、上記第2の光源から、注入同期された上記特定の2つの光信号を発生させることを特徴とする。

【0023】さらに、請求項5記載の2光信号発生器は、請求項4記載の2光信号発生器において、上記第1の光源と上記第2の光源との間に挿入され、上記第1の光源によって発生された光信号を、入力されるデータ信号に従って変調して変調後の光信号を上記第2の光源に出力する光変調手段をさらに備えたことを特徴とする。

【0024】また、本発明に係る請求項6記載の2光信号発生器は、単一モードの光信号を発生する第1の光源と、上記第1の光源によって発生された光信号を、入力信号に従って変調して、所定の光周波数差を有する特定の2つの光信号を含む変調後の光信号を出力する光変調手段と、上記特定の2つの光信号とそれぞれ実質的に同一の波長を有する特定の2つの光信号を含む多モードの光信号を発生するとともに、上記発生した多モードの光信号を、入力されるデータ信号に従って変調して変調後の多モードの光信号を発生する第2の光源と、上記光変調手段から出力される変調後の光信号を上記第2の光源に光注入する光注入手段とを備え、上記光注入される変調後の光信号のうちの特定の2つの光信号を上記多モードの光信号のうちの特定の2つの光信号に注入同期させ、上記データ信号のレベルに応じて、上記注入同期をオン又はオフすることにより、上記第2の光源が上記特定の2つの光信号を発生するか否かをスイッチングさせることを特徴とする。

【0025】さらに、本発明に係る請求項7記載の2光信号発生器は、所定の第1の波長を有する単一モードの第1の光信号を発生する第1の光源と、上記第1の光源によって発生された第1の光信号を、入力信号に従って変調して、所定の光周波数差を有する特定の2つの光信号を含む変調後の第1の光信号を出力する光変調手段

と、上記第1の波長とは異なる第2の波長を有する単一モードの第2の光信号を発生するとともに、入力されるデータ信号に従って上記発生した第2の光信号を変調して、変調後の第2の光信号を出力する第2の光源と、上記特定の2つの光信号とそれぞれ実質的に同一の波長を有する特定の2つの光信号と、上記第2の波長と実質的に同一の波長を有する別の1つの光信号とを含み、互いにモード結合された多モードの光信号を発生する第3の光源と、上記光変調手段から出力される変調後の第1の光信号と、上記第2の光源から出力される変調後の第2の光信号とを上記第3の光源に光注入する光注入手段とを備え、上記変調後の第1の光信号のうちの特定の2つの光信号を上記多モードの光信号のうちの特定の2つの光信号に注入同期させ、かつ上記変調後の第2の光信号を上記多モードの光信号のうちの別の1つの光信号に注入同期させ、上記データ信号のレベルに応じて、上記2つの注入同期をとともにオン又はオフすることにより、上記第2の光源が上記特定の2つの光信号を発生するか否かをスイッチングさせることを特徴とする。

【0026】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明に係る実施形態について説明する。図面において、互いに同一又は同様のものは同一の符号を付している。

【0027】＜第1の実施形態＞図1は、本発明に係る第1の実施形態である光送信機101aの構成を示すブロック図である。本実施形態の光送信機101aの概略構成は、単一モードの分布帰還型半導体レーザ装置21によって発生された光信号に対して、所定の無線周波数 $f_{RF}/2$ を有する高周波信号を用いて、例えばマッハ・ツェンダ型光変調器である第2の外部光変調器25により強度変調をかけたものをマスタ光信号とし、当該マスタ光信号をファブリ・ペロー型半導体レーザ装置29に光注入させることにより、特定の2モードの光信号が注入同期して、多モードの光信号から選択的に、無線周波数 $f_{RF}$ の光周波数差を有する2つの光信号を発生させることを特徴としている。

【0028】まず、図1を参照して、第1の実施形態の光送信機101aの構成について説明する。図1において、分布帰還型半導体レーザ装置21によって発生された単一モードの光信号は第1の外部光変調器22に入力され、第1の外部光変調器22は入力されるデジタルデータ信号に従って当該マスタ光信号を強度変調した後、光アイソレータ23及び偏波保持光ファイバケーブル24を介して、第2の外部光変調器25に入力される。

【0029】第2の外部光変調器25は、例えばLiNbO<sub>3</sub>にてなる光導波路基板に形成された、非線形的光変調特性を有するマッハ・ツェンダ型光変調器であって、当該光変調のバイアス直流電圧が直流電圧源32からバイアスT回路33を介して入力されるとともに、光ファイバケーブルシステムの無線信号となる所定の無線

周波数  $f_{RF}$  の  $1/2$  の周波数を有する無線信号が基準信号発生器 30 から高周波増幅器 31 及びバイアス T 回路 33 を介して入力される。第 2 の外部光変調器 25 は、その非線形の光変調特性により、入力されるマスタ光信号を無線信号に従って強度変調して、強度変調された光信号を、光フィルタ 26、光サーキュレータ 27 及び偏波保持光ファイバケーブル 28 を介して、スレーブ発振器であるファブリ・ペロー型半導体レーザ装置 29 に光注入する。従って、光サーキュレータ 27 と偏波保持光ファイバケーブル 28 は光注入手段を構成する。

【0030】第 2 の外部変調器 25 によって強度変調された光信号は、分布帰還型半導体レーザ装置 21 の発振波長の光搬送波と、当該光搬送波に対して強度変調されたデジタルデータ信号に対応する光信号の側波帯と、上記無線周波数  $f_{RF}$  の光周波数差を有する特定の 2 つの光信号の側波帯とを少なくとも含む。上記光フィルタ 26 は例えば帯域除去フィルタであって、第 2 の外部光変調器 25 で発生する不要な側波帯や不要な搬送波を除去して、所望の無線周波数  $f_{RF}$  の光周波数差を有する特定の 2 つの光信号（側波帯）のみを通過させる。なお、マッハ・ツェンダ型光変調器である第 2 の外部光変調器 25 を入力光に対して、最大損失を与えるような動作点で駆動した場合には、不要な搬送波がきわめて少なくすることが可能であり、この場合には必ずしも光フィルタ 26 を挿入しなくてもよい。

【0031】ここで、ファブリ・ペロー型半導体レーザ装置 29 の半導体レーザ媒質の入斜側の端面に、誘電体多層膜（AR コート層）である反射防止膜を形成することにより反射率を約 20 乃至 10% に低下させて、当該ファブリ・ペロー型半導体レーザ装置 29 が有する Q 値を低下させる。ファブリ・ペロー型半導体レーザ装置 29 においては、上記特定の 2 つの光信号とそれぞれ実質的に同一の波長を有する特定の 2 つの光信号を含み互いにモード結合された複数の波長の多モードの光信号をそれぞれ自身で発生するように、温度や注入電流などの発光パラメータを調整される。ここで、「実質的に同一の波長を有する特定の 2 つの光信号」とは、注入同期により引き込むことが可能な 2 つの光信号を意味し、言い換えれば、注入同期の引き込み範囲内にある 2 つの光信号を意味する。そして、ファブリ・ペロー型半導体レーザ装置 29 は、当該多モードの光信号の中から、上記注入同期により、所定の無線周波数  $f_{RF}$  の光周波数差を有する特定の 2 つのモードの光信号を選択的に発生して、偏波保持光ファイバケーブル 28、光サーキュレータ 27 及び電力光増幅器 5 を介して出力する。

【0032】以上のように構成された光送信機 101a においては、分布帰還型半導体レーザ装置 21 によって発生された光信号に対して高周波信号を用いて第 2 の外部光変調器 25 により強度変調をかけたものをマスタ光信号とし、当該マスタ光信号を、ファブリ・ペロー型半

導体レーザ装置 29 に光注入することにより、マスタ光信号の特定の 2 つの光信号が多モードの光信号のうちの特定の 2 つの光信号に注入同期され、多モードの光信号から選択的に当該特定の 2 つの光信号を発生させている。すなわち、低い Q 値のファブリ・ペロー型半導体レーザ装置 29 を用いることにより、注入同期の引き込み範囲が広く、ミリ波搬送波周波数の可変範囲を広くでき、周波数の設定精度は、基準となる正弦波変調信号の周波数純度によってほぼ決められるため、位相雑音の少ない安定な搬送波周波数が光受信機の光電変換後に得られる。また、ファブリ・ペロー型半導体レーザ装置 29 は多モード発振帯域が広いいため、マスター側光源である分布帰還型半導体レーザ装置 21 の発振周波数の選択範囲が広く、低コスト化・波長多重化などの点で有利となる。すなわち、光信号の発振波長を変更するときは、分布帰還型半導体レーザ装置 21 ののみを取り替えばよいという利点がある。

【0033】以上の実施形態においては、所望の無線周波数  $f_{RF}$  の半分の周波数を有する高周波信号を変調信号として用いているが、所望の無線周波数  $f_{RF}$  の  $1/4$ 、 $1/8$  などの周波数を有する高周波信号を変調信号として用いてよい。この場合においても、第 2 の外部光変調器 25 の非線形特性を用いて所望の光周波数差を有する 2 つの光信号（側波帯）を得ることができる。

【0034】以上の実施形態においては、第 2 の外部光変調器 25 としてマッハ・ツェンダ型光変調器を用いているが、本発明はこれに限らず、光位相変調器を用いてマスタ光信号を位相変調することにより、所望の 2 つの光信号（側波帯）を発生してもよい。この場合、分布帰還型半導体レーザ装置 21 の搬送光信号の発振光がそのまま残るので、光フィルタ 26 として、ファイバ・ブラッグ型グレーティング又はファブリ・ペロー型共振器を用いて当該発振光を除去する。

【0035】分布帰還型半導体レーザ装置 21 と第 1 の外部光変調器 22 とを組み合わせ、すなわち第 1 の外部光変調器 22 の変調機能を分布帰還型半導体レーザ装置 21 が備え、例えば、公知の電界吸収型（EA）光変調器付き分布帰還型半導体レーザ装置を用いてもよい。この場合、電界吸収型光変調器の非線形特性を利用する。また、第 1 の外部光変調器 22 と第 2 の外部光変調器 25 の設置位置を入れ替えて、分布帰還型半導体レーザ装置 21 と第 2 の外部光変調器 25 とを組み合わせ、すなわち第 2 の外部光変調器 25 の変調機能を分布帰還型半導体レーザ装置 21 が備え、例えば、公知の電界吸収型（EA）光変調器付き分布帰還型半導体レーザ装置を用いてもよい。

【0036】図 2 は、前者の組み合わせであって、本発明に係る第 1 の実施形態の変形例である光送信機 101a の構成を示すブロック図である。図 2 の変形例では、図 1 の第 1 の実施形態に比較して、分布帰還型半導



体レーザ装置 21 と第 1 の外部光変調器 22 とが一体化されて、分布帰還型半導体レーザ装置 21 b で構成されている。ここで、分布帰還型半導体レーザ装置 21 b は非線形の光変調特性を有し、自己で発生する光信号を入力されるデジタルデータ信号に従って強度変調して、変調されたマスタ光信号を光アイソレータ 23 及び偏光保持光ファイバケーブル 24 を介して第 2 の外部光変調器 25 に出力する。

【0037】＜第 2 の実施形態＞図 3 は、本発明に係る第 2 の実施形態である光送信機 101 b の構成を示すブロック図である。第 2 の実施形態の光送信機 101 b の概略構成は、単一モードの分布帰還型半導体レーザ装置 21 a を通過型で構成し、分布帰還型半導体レーザ装置 21 a によって発生される光信号をファブリ・ペロー型半導体レーザ装置 29 に光注入するとともに、ファブリ・ペロー型半導体レーザ装置 29 によって発生される光信号を分布帰還型半導体レーザ装置 21 a に光注入する相互注入同期型光発振システムを構成したことを特徴としている。

【0038】図 3 において、基準信号発生器 30 からの無線周波数  $f_{RF}$  の  $1/2$  の無線周波数を有する高周波信号は高周波増幅器 31 を介して分布帰還型半導体レーザ装置 21 a にバイアス電流として印加される。分布帰還型半導体レーザ装置 21 a は非線形の光変調特性を有し、自己で発生する光信号を入力される高周波信号に従って周波数変調して、所望の無線周波数  $f_{RF}$  の光周波数差を有する 2 つのモードの光信号を発生して、当該 2 つのモードの光信号を、不要な側波帯を除去して特定の 2 つの光信号を通過させる光フィルタ 40、光アイソレータ 41、2 つの光信号をデジタルデータ信号で強度変調する外部光変調器 42、光サーキュレータ 43、及び偏波保持光ファイバケーブル 44 を介してファブリ・ペロー型半導体レーザ装置 29 に光注入する。そして、ファブリ・ペロー型半導体レーザ装置 29 は、第 1 の実施形態と同様に、それ自身で発生する多モードの光信号の中から、上記注入同期により、所定の無線周波数  $f_{RF}$  の光周波数差を有する特定の 2 つのモードの光信号を発生して、偏波保持光ファイバケーブル 44、光サーキュレータ 43、光分岐器 45 及び電力増幅器 5 を介して出力するとともに、光分岐器 45 の他方の光信号は分布帰還型半導体レーザ装置 21 a の他方の端面に帰還されて、分布帰還型半導体レーザ装置 21 a は通過型の半導体レーザ装置となる。すなわち、分布帰還型半導体レーザ装置 21 a、光フィルタ 40、光アイソレータ 41、外部光変調器 42、光サーキュレータ 43、及び光分岐器 45 がループ状に形成され、分布帰還型半導体レーザ装置 21 a によって発生される光信号をファブリ・ペロー型半導体レーザ装置 29 に光注入するとともに、ファブリ・ペロー型半導体レーザ装置 29 によって発生される光信号を分布帰還型半導体レーザ装置 21 a に光注入する

相互注入同期型光発振システムを構成する。

【0039】以上のように構成された光送信機 101 b は、第 1 の実施形態と同様の効果を有するとともに、相互に同期注入しているため、温度変動があっても、長期的な周波数精度の安定性が上昇する。また、図 1 に図示された第 2 の外部光変調器 25 が不要であり、構成が簡単であるという利点がある。

【0040】＜第 3 の実施形態＞図 4 は、本発明に係る第 3 の実施形態である光送信機 101 c を備えた光ファイバリンクシステムの構成を示すブロック図である。この第 3 の実施形態の光送信機 101 c の概略構成は、分布帰還型半導体レーザ装置 21 によって発生された単一モードの光信号を外部光変調器 25 により無線周波数  $f_{RF}/2$  の無線信号に従って強度変調し、無線周波数  $f_{RF}$  の光周波数差を有する特定の 2 つの光信号（側波帯）を含む強度変調後の光信号を光サーキュレータ 27 及び偏光保持光ファイバケーブル 28 を介してファブリ・ペロー型半導体レーザ装置 29 に光注入し、上記光注入される強度変調後の光信号のうちの特定の 2 つの光信号を上記多モードの光信号のうちの特定の 2 つの光信号に注入同期させ、所定の直流バイアス電圧が印加されたデジタルデータ信号のレベルに応じて、上記注入同期をオン又はオフすることにより、ファブリ・ペロー型半導体レーザ装置 29 が上記特定の 2 つの光信号を発生するか否かをスイッチングさせることを特徴としている。なお、光サーキュレータ 27 から後段の構成は、図 1 の第 1 の従来例と同様である。

【0041】図 4 において、外部光変調器 25 は、分布帰還型半導体レーザ装置 21 によって発生された単一モードの光信号を、基準信号発生器 30 によって発生された無線周波数  $f_{RF}/2$  の無線信号に従って強度変調し、無線周波数  $f_{RF}$  の光周波数差を有する特定の 2 つの光信号（側波帯）を含む強度変調後の光信号を、光アイソレータ 23、偏光保持光ファイバケーブル 24、光フィルタ 26、光サーキュレータ 27 及び偏光保持光ファイバケーブル 28 を介してファブリ・ペロー型半導体レーザ装置 29 に光注入する。一方、例えばパルス信号である、入力されるデジタルデータ信号は、バイアス T 回路 52 に入力されて、直流電圧源 51 からの所定の直流バイアス電圧が印加される。直流バイアス電圧だけバイアスされたデジタルデータ信号はファブリ・ペロー型半導体レーザ装置 29 に注入電流として入力されて直接変調が行われる。ここで、ファブリ・ペロー型半導体レーザ装置 29 は、第 1 の実施形態と同様に、Q が低下されて多モードの光信号を発生する。上記デジタルデータ信号は例えば、互いに異なるハイレベルとローレベルとを有する 2 値信号であり、上記直流バイアス電圧は以下の 2 つのケースのいずれかに調整されて設定される。

【0042】(a). ケース 1：デジタルデータ信号がハイレベルのときに、ファブリ・ペロー型半導体レーザ装

置29は注入電流が所定のしきい値を越える動作状態となり、分布帰還型半導体レーザ装置21から外部光変調器25を介して光注入される強度変調後の光信号のうちの特定の2つの光信号を、上記多モードの光信号のうちの特定の2つの光信号に注入同期させ（注入同期のオン状態）、ファブリ・ペロー型半導体レーザ装置29は同時に同期安定状態となった2つのモードに対応する上記特定の2つの光信号を発生して偏光保持光ファイバケーブル28、光サーキュレータ27、光増幅器5及び光ファイバケーブル300を介して光受信機200に出力する。一方、デジタルデータ信号がローレベルのとき、ファブリ・ペロー型半導体レーザ装置29は、注入電流が上記しきい値未満なので非動作状態となり（注入同期のオフ状態）、所定の有意なレベル以上の上記特定の2つの光信号を発生しない。

【0043】(b) ケース2：デジタルデータ信号がローレベルのときに、ファブリ・ペロー型半導体レーザ装置29は注入電流が所定のしきい値を越える動作状態となり、分布帰還型半導体レーザ装置21から外部光変調器25を介して光注入される強度変調後の光信号のうちの特定の2つの光信号を、上記多モードの光信号のうちの特定の2つの光信号に注入同期させ（注入同期のオン状態）、ファブリ・ペロー型半導体レーザ装置29は同時に同期安定状態となった2つのモードに対応する上記特定の2つの光信号を発生して偏光保持光ファイバケーブル28、光サーキュレータ27、光増幅器5及び光ファイバケーブル300を介して光受信機200に出力する。一方、デジタルデータ信号がハイレベルのとき、ファブリ・ペロー型半導体レーザ装置29に注入される注入電流がきわめて大きくなって飽和状態となり、上記特定の2つの光信号のモード以外のモードが優勢となる（注入同期のオフ状態）。従って、所定の有意なレベル以上の上記特定の2つの光信号を発生しない。

【0044】以上説明したように、ケース1及び2において、所定の直流バイアス電圧が印加されたデジタルデータ信号のハイレベル又はローレベルの切り換えに応じて、上記注入同期をオン又はオフの状態にすることにより、ファブリ・ペロー型半導体レーザ装置29が所定の有意な消光比で上記特定の2つの光信号を発生するか否かをスイッチングさせることができる。このスイッチング動作により、上記特定の2つの光信号をオン又はオフとし、すなわち、無線送信機14では上記特定の2つの光信号の光周波数差であるミリ波周波数 $f_{RF}$ の無線信号をオン又はオフとする。従って、例えば図12の無線受信機210において無線搬送波がオン又はオフされた2値の無線信号が受信されて、信号増幅器97の出力端で2値の受信ベースバンド信号を得ることができる。

【0045】従って、本実施形態によれば、第4の従来例の光フィルタを必要とせず、ファブリ・ペロー型半導体レーザ装置29に対してデジタルデータ信号を入力し

て直接変調しているので、第4の従来例に比較して構成が簡単であって、製造コストが安価であり、デジタルデータ信号に応じて光信号の伝送を行うことができる。

【0046】＜第4の実施形態＞図5は、本発明に係る第4の実施形態である光送信機101dを備えた光ファイバリンクシステムの構成を示すブロック図であり、図6は、図5の光増幅器5の出力の光電力レベルの光周波数特性を示すグラフである。

【0047】この第4の実施形態の光送信機101dにおいては、図5及び図6に示すように、分布帰還型半導体レーザ装置21によって発生された第1の波長（光周波数 $f_{11}$ ）を有する単一モードの光信号を外部光変調器25により無線周波数 $f_{RF}/2$ の無線信号に従って強度変調し、無線周波数 $f_{RF}$ の光周波数差を有する特定の2つの光信号（光周波数 $f_1$ 、 $f_2$ の側波帯；ここで、 $f_1 = f_{11} - \Delta f$ 、 $f_2 = f_{11} + \Delta f$ ）を含む強度変調後の第1の光信号を光サーキュレータ27及び偏光保持光ファイバケーブル28を介してファブリ・ペロー型半導体レーザ装置29に光注入するとともに、第1の波長とは異なる第2の波長（光周波数 $f_{12}$ ）を有する単一モードの第2の光信号をデジタルデータ信号で強度変調した後、光サーキュレータ27及び偏光保持光ファイバケーブル28を介してファブリ・ペロー型半導体レーザ装置29に光注入する。ここで、上記強度変調後の第1の光信号のうちの特定の2つの光信号（光周波数 $f_1$ 、 $f_2$ ）を上記多モードの光信号のうちの特定の2つの光信号（光周波数 $f_1$ 、 $f_2$ ）に注入同期させ、かつ上記変調後の第2の光信号（光周波数 $f_{12}$ ）を上記多モードの光信号のうちの別の1つの光信号（光周波数 $f_{12}$ ）に注入同期させ、上記データ信号のレベルに応じて、上記2つの注入同期をとともにオン又はオフすることにより、ファブリ・ペロー型半導体レーザ装置29が上記特定の2つの光信号を発生するか否かをスイッチングさせることを特徴としている。なお、光サーキュレータ27から後段の構成は、図11の第1の従来例と同様である。

【0048】図6において、外部光変調器25は、分布帰還型半導体レーザ装置21によって発生された第1の波長（光周波数 $f_{11}$ ）を有する単一モードの光信号を、基準信号発生器30によって発生された無線周波数 $f_{RF}/2$ の無線信号に従って強度変調し、無線周波数 $f_{RF}$ の光周波数差を有する特定の2つの光信号（光周波数 $f_1$ 、 $f_2$ の側波帯）を含む強度変調後の光信号を、光アイソレータ23、光合波器である光カップラ63、偏光保持光ファイバケーブル24、光フィルタ26、光サーキュレータ27及び偏光保持光ファイバケーブル28を介してファブリ・ペロー型半導体レーザ装置29に光注入する。一方、入力されるデジタルデータ信号は、分布帰還型半導体レーザ装置21cに注入電流として入力され、分布帰還型半導体レーザ装置21cは、第2の波

長を有する第2の光信号（光周波数 $f_{12}$ ）を発生するとともに、入力されるデジタルデータ信号に従って上記発生した第2の光信号を強度変調して、強度変調後の第2の光信号を光減衰器61、光アイソレータ62、光カップラ63、偏光保持光ファイバケーブル24、光フィルタ26、光サーキュレータ27及び偏光保持光ファイバケーブル28を介してファブリ・ペロー型半導体レーザ装置29に光注入する。ファブリ・ペロー型半導体レーザ装置29は、第1の実施形態と同様にQが低下されて、互いにコヒーレントであってモード結合された多モードの光信号を発生し、ここで、多モードの光信号は、上記光周波数 $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_{12}$ などに対応する各波長に実質的に一致する各波長の光信号を含む。上記デジタルデータ信号は例えば、互いに異なるハイレベルとローレベルとを有する2値信号である。

【0049】そして、上記デジタルデータ信号がハイレベルであるときに、分布帰還型半導体レーザ装置21cによって発生された第2の光信号（光周波数 $f_{12}$ ）が、ファブリ・ペロー型半導体レーザ装置29によって発生される多モードの光信号のうちの光周波数 $f_{12}$ の光信号に注入同期する（注入同期のオン状態）一方、上記デジタルデータ信号がローレベルであるときに、上記注入同期しない（注入同期のオフ状態）ように、光減衰器61の減衰量を調整して第2の光信号のファブリ・ペロー型半導体レーザ装置29への光注入量を調整する。ここで、上記デジタルデータ信号のレベルに応じて、分布帰還型半導体レーザ装置21cによって発生された第2の光信号（光周波数 $f_{12}$ ）のレベルが所定の有意な消光比で変化し、これに伴って、上記注入同期により発生される第2の光信号（光周波数 $f_{12}$ ）のレベルが同様に变化する。この第2の光信号の注入同期のオン又はオフにより、ファブリ・ペロー型半導体レーザ装置29の注入同期の増幅度が変化し、当該ファブリ・ペロー型半導体レーザ装置29のキャビティ内において、光周波数 $f_{12}$ の第2の光信号とモード結合された光周波数 $f_{11}$ の第1の光信号の側波帯の2つの光信号の注入同期をオン又はオフにする。言い換えれば、デジタルデータ信号のレベルに応じて、すなわち、光周波数 $f_{12}$ の第2の光信号のレベルに応じて、ファブリ・ペロー型半導体レーザ装置29の飽和状態をオン又はオフに変調する。

【0050】従って、デジタルデータ信号がハイレベルのとき、注入同期のオン状態となって、分布帰還型半導体レーザ装置21から外部光変調器25を介して光注入される強度変調後の光信号のうちの特定の2つの光信号を、上記多モードの光信号のうちの特定の2つの光信号に注入同期させて、ファブリ・ペロー型半導体レーザ装置29は同時に同期安定状態となった2つのモードに対応する上記特定の2つの光信号を発生して偏光保持光ファイバケーブル28、光サーキュレータ27、光増幅器

5及び光ファイバケーブル300を介して光受信機200に出力する。一方、デジタルデータ信号がローレベルのとき、注入同期のオフ状態となって、所定の有意なレベル以上の上記特定の2つの光信号を発生しない。

【0051】以上説明したように、デジタルデータ信号のハイレベル又はローレベルの切り換えに応じて、上記注入同期をオン又はオフの状態にすることにより、ファブリ・ペロー型半導体レーザ装置29が上記特定の2つの光信号を発生するかどうかをスイッチングさせることができる。このスイッチング動作により、上記特定の2つの光信号をオン又はオフとし、すなわち、無線送信機14では上記特定の2つの光信号の光周波数差であるミリ波周波数 $f_{RF}$ の無線信号をオン又はオフとする。従って、例えば図12の無線受信機210において無線搬送波がオン又はオフされた2値の無線信号が受信されて、信号増幅器97の出力端で2値の受信ベースバンド信号を得ることができる。

【0052】第5の従来例では、発振周波数が揃った3個の分布帰還型半導体レーザ装置を必要とするが、本実施形態では、ファブリ・ペロー型半導体レーザ装置29の発振周波数の発振可能範囲が広いので、分布帰還型半導体レーザ装置21cの発振周波数の選択範囲が広くなり、光源の発振周波数を選別する必要がなくなる。従って、発振周波数が異なる2個の分布帰還型半導体レーザを備えて簡単な構成で構築でき、デジタルデータ信号に応じて光信号の伝送を行うことができる。

【0053】＜変形例＞図7は、変形例におけるファブリ・ペロー型半導体レーザ装置29の周辺回路を示すブロック図である。図1の第1の実施形態においては、光フィルタ26と電力光増幅器5との間に、光サーキュレータ27、偏波保持光ファイバケーブル28及びファブリ・ペロー型半導体レーザ装置29からなる光回路を挿入しているが、これに代えて、光サーキュレータ27を除去するために、図7に示すように、ファブリ・ペロー型半導体レーザ装置29のレーザ媒質の両端面の両側に、光アイソレータ46、47を配して、光信号がファブリ・ペロー型半導体レーザ装置29を通過する通過型に変更してもよい。ここで、ファブリ・ペロー型半導体レーザ装置29の両端面に反射防止膜を形成することにより、Q値を低下させる。また、第3と第4の実施形態においても同様に、図7のファブリ・ペロー型半導体レーザ装置29を用いてもよい。さらに、図3の第2の実施形態においても、同様に、外部光変調器42と光分岐器45との間に、図7の光回路を挿入してもよい。

【0054】以上の実施形態において、デジタルデータ信号に応じて強度変調を行う分布帰還型半導体レーザ装置21b、21cを備えているが、本発明はこれに限らず、少なくとも両側の側波帯を発生するために、位相変調や周波数変調などの他の変調形式であってもよい。また、強度変調を行う外部光変調器25を備えているが、

本発明はこれに限らず、少なくとも両側の側波帯を発生するために、位相変調や周波数変調などの他の変調形式であってもよい。

【0055】以上の実施形態において、分布帰還型半導体レーザ装置21aは、デジタルデータ信号に従って光信号を周波数変調を行っているが、強度変調や位相変調などの他の変調形式であってもよい。

【0056】以上の実施形態において、Qが低下されたファブリ・ペロー型半導体レーザ装置29を用いているが、本発明はこれに限らず、多モードの光信号を発生するレーザ装置などの光源であればよい。

【0057】以上の実施形態においては、基準信号発生器30は、所定の無線周波数 $f_{RF}/2$ を有する高周波信号を発生しているが、本発明はこれに限らず、上記高周波信号に比較してより低い周波数の信号を発生してもよい。

【0058】

【実施例】以下、第1の実施形態の光送信機101aを用いた実験結果について説明する。ファブリ・ペロー型半導体レーザ装置29において、隣接モード間隔が約60GHzであり、外部光変調器25への正弦波信号周波数 $f_{RF}/2=30\text{GHz}$ 近傍であると、特定の2モードが注入同期して多モードの中から選択増幅される。光受信機の光電変換後の高周波搬送波信号の観測には、高速フォトダイオード12（帯域50GHz）及びスペクトルアナライザを用いた。

【0059】注入同期時の光出力のスペクトルを図8に示す。分布帰還型半導体レーザ装置21の発振波長は1549.75nm、外部光変調器25の出力光強度は-18dBm、変調周波数 $f_{RF}/2=30\text{GHz}$ 、ファブリ・ペロー型半導体レーザ装置29への注入電流は58.5mA、周囲温度は20.0℃であり、被同期スペクトルの光強度は-1dBmであった。このときの光電変換後の60GHzの高周波スペクトルを図9に示す。フォトダイオード12の変換効率などを含め-26.3dBmの強度を得た。また、ピークからの周波数オフセット100kHzにおいて、位相雑音特性-89dBc/Hzと良好な値を得た。また、外部光変調器25への変調周波数の調整により搬送波周波数を変え、ミリ波周波数に対する高周波利得（外部光変調器25の光出力と、注入同期時のファブリ・ペロー型半導体レーザ装置29の光出力での高周波強度比）の利得（図10）を調べた。60GHzにおいて最大利得33dBを得、利得半値幅は59GHz～64GHzと広帯域である。また、搬送波信号（又は無線信号）の発生範囲は46GHz～70GHzと広いことが判った。これは、ファブリ・ペロー型半導体レーザ装置29の共振器としてのQ値が低く注入同期の引き込み範囲が広いためであると考えられる。ファブリ・ペロー型半導体レーザ装置29の発光スペクトル帯域は20nm以上であるため、マスター

側光源である分布帰還型半導体レーザ装置21の発振波長が1540nmと1560nmの場合でも、ほぼ同等な結果が得られ、マスター光源の波長選択範囲も広いことが判った。

【0060】以上説明したように、本実験によれば、ファブリ・ペロー型半導体レーザ装置29をスレーブ側に用いた構成により、基準周波数が所望の搬送波周波数の半分であり、出力の可変周波数範囲とマスター側光源の波長選択範囲が共に広いミリ波搬送波の発生機能を確認した。

【0061】さらに、本発明者らは、第3と第4の実施形態に係る光送信機101c、101dを製作して実験を行い、ファブリ・ペロー型半導体レーザ装置29に対する直接変調（第3の実施形態）と、強度変調光の注入（第4の実施形態）とによって、特定の2つのモードの光信号に対してデジタルデータ信号に従って同時に強度変調をかけて、当該特定の2つのモードの光信号が、デジタルデータ信号の2値に対応してスイッチングすることを確認した。

【0062】

【発明の効果】以上詳述したように本願の第1の発明に係る2光信号発生器によれば、単一モードの第1の光源と、多モードの第2の光源とを備え、第1の光源によって発生された光信号を、入力信号に従って変調して、所定の光周波数差を有する特定の2つの光信号を含む変調後の光信号を第2の光源に光注入し、上記光注入した特定の2つの光信号を上記多モードの光信号のうちの特定の2つの光信号に注入同期させて、第2の光源から、注入同期された上記特定の2つの光信号を発生させる。従って、例えば低いQ値のファブリ・ペロー型の第2の光源を用いることにより、注入同期の引き込み範囲が広く、ミリ波搬送波周波数の可変範囲を広くでき、周波数の設定精度は、基準となる正弦波変調信号の周波数純度によってほぼ決められるため、位相雑音の少ない安定な搬送波周波数が光受信機の光電変換後に得られる。また、例えばファブリ・ペロー型の第2の光源は、多モード発振帯域が広いため、マスター側の第1の光源の発振周波数の選択範囲が広く、低コスト化・波長多重化などの点で有利となる。すなわち、光信号の発振波長を変更するときは、第1の光源のみを取り替えばよいという利点がある。

【0063】また、本願の第2の発明に係る2光信号発生器によれば、入力信号に従って単一モードの光信号を変調して、所定の光周波数差を有する特定の2つの光信号を含む変調後の光信号を出力する第1の光源と、多モードの第2の光源とを備え、第1の光源からの変調後の光信号を第2の光源に光注入しかつ第2の光源からの光信号を第1の光源に光注入し、上記変調後の光信号のうちの特定の2つの光信号を上記多モードの光信号のうちの特定の2つの光信号に注入同期させて、第2の光源か

ら、注入同期された上記特定の2つの光信号を発生させる。従って、例えば低いQ値のファブリ・ペロー型の第2の光源を用いることにより、注入同期の引き込み範囲が広く、ミリ波搬送波周波数の可変範囲を広くでき、周波数の設定精度は、基準となる正弦波変調信号の周波数純度によってほぼ決められるため、位相雑音の少ない安定な搬送波周波数が光受信機の光電変換後に得られる。また、例えばファブリ・ペロー型の第2の光源は、多モード発振帯域が広いため、マスター側の第1の光源の発振周波数の選択範囲が広く、低コスト化・波長多重化などの点で有利となる。すなわち、光信号の発振波長を変更するときは、第1の光源のみを取り替えばよいという利点がある。さらに、相互に同期注入しているので、温度変動があっても、長期的な周波数精度の安定性が上昇する。また、光変調手段が不要であり、構成が簡単であるという利点がある。

【0064】さらに、本願の第3の発明に係る2光信号発生器によれば、単一モードの第1の光源と、自己で発生した多モードの光信号をデータ信号に従って変調する第2の光源とを備え、第1の光源からの光信号を入力信号に従って変調して、所定の光周波数差を有する特定の2つの光信号を含む変調後の光信号を第2の光源に光注入し、上記光注入される変調後の光信号のうちの特定の2つの光信号を上記多モードの光信号のうちの特定の2つの光信号に注入同期させ、上記データ信号のレベルに応じて、上記注入同期をオン又はオフすることにより、上記第2の光源が上記特定の2つの光信号を発生するか否かをスイッチングさせる。従って、第4の従来例の光フィルタを必要とせず、第2の光源に対してデジタルデータ信号を入力して直接変調しているので、第4の従来例に比較して構成が簡単であって、製造コストが安価であり、デジタルデータ信号に応じて光信号の伝送を行うことができる。

【0065】またさらに、本願の第4の発明に係る2光信号発生器によれば、単一モードの第1の光信号を発生する第1の光源と、自己で発生する単一モードの第2の光信号を入力されるデータ信号に従って変調する第2の光源と、互いにモード結合された多モードの光信号を発生する第3の光源とを備え、第1の光信号を入力信号に従って変調した後の第1の光信号と、第2の光源からの第2の光信号とを第3の光源に光注入し、上記変調後の第1の光信号のうちの特定の2つの光信号を上記多モードの光信号のうちの特定の2つの光信号に注入同期させ、かつ上記変調後の第2の光信号を上記多モードの光信号のうちの別の1つの光信号に注入同期させ、上記データ信号のレベルに応じて、上記2つの注入同期をともにオン又はオフすることにより、第2の光源が上記特定の2つの光信号を発生するか否かをスイッチングさせる。第5の従来例では、発振周波数が揃った3個の分布帰還型半導体レーザ装置を必要とするが、本発明では、

例えばファブリ・ペロー型半導体レーザ装置などの第3の光源の発振周波数の発振可能範囲が比較的広いので、第2の光源の発振周波数の選択範囲が広くなり、光源の発振周波数を選別する必要がなくなる。従って、発振周波数が異なる2個の光源を備えて簡単な構成で構築でき、デジタルデータ信号に応じて光信号の伝送を行うことができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る第1の実施形態である光送信機101aの構成を示すブロック図である。

【図2】 本発明に係る第1の実施形態の変形例である光送信機101aaの構成を示すブロック図である。

【図3】 本発明に係る第2の実施形態である光送信機101bの構成を示すブロック図である。

【図4】 本発明に係る第3の実施形態である光送信機101cを備えた光ファイバリンクシステムの構成を示すブロック図である。

【図5】 本発明に係る第4の実施形態である光送信機101dを備えた光ファイバリンクシステムの構成を示すブロック図である。

【図6】 図5の光増幅器5の出力の光電力レベルの光周波数特性を示すグラフである。

【図7】 変形例におけるファブリ・ペロー型半導体レーザ装置29の周辺回路を示すブロック図である。

【図8】 図1の光送信機101aから出力される2つの光信号のスペクトルを示すスペクトル図である。

【図9】 図8の2つの光信号を光電変換したときの無線信号の周波数スペクトルを示すスペクトル図である。

【図10】 図1の光送信機101aにおいて注入同期前後の無線信号の無線周波数の利得特性を示す図である。

【図11】 第1の従来例の光ファイバリンクシステムの構成を示すブロック図である。

【図12】 第1の従来例の無線受信機210の構成を示すブロック図である。

【図13】 図11の光送信機101で発生される2つの光信号の光周波数スペクトルを示すスペクトル図である。

【図14】 図11の光送信機200で光電変換後の電気信号の電気周波数スペクトルを示すスペクトル図である。

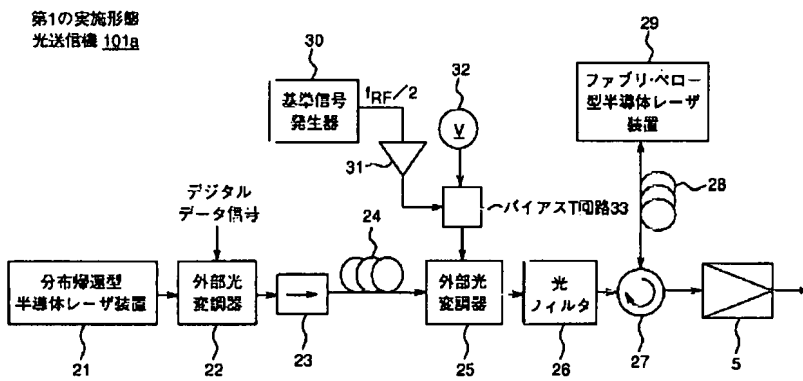
#### 【符号の説明】

21、21a、21b、21c…分布帰還型半導体レーザ装置、  
22…第1の外部変調器、  
22a…外部光変調器、  
23…光アイソレータ、  
24…偏波保持光ファイバケーブル、  
25…第2の外部光変調器、  
26…光フィルタ、

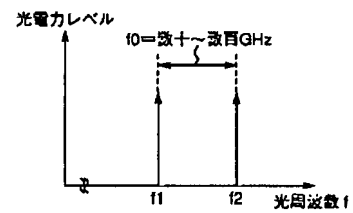
27…光サーキュレータ、  
 28…偏波保持光ファイバケーブル、  
 29…ファブリ・ペロー型半導体レーザ装置、  
 30…基準信号発生器、  
 31…高周波増幅器、  
 32、51…直流電圧源、  
 33、52…バイアスT回路、  
 40…光フィルタ、  
 41…光アイソレータ、  
 42…外部光変調器、

43…光サーキュレータ、  
 44…偏波保持光ファイバケーブル、  
 45…光分岐器、  
 46、47…光アイソレータ、  
 61…光減衰器、  
 62…光アイソレータ、  
 63…光カップラ、  
 101a、101aa、101b、101c、101d  
 …光送信機。

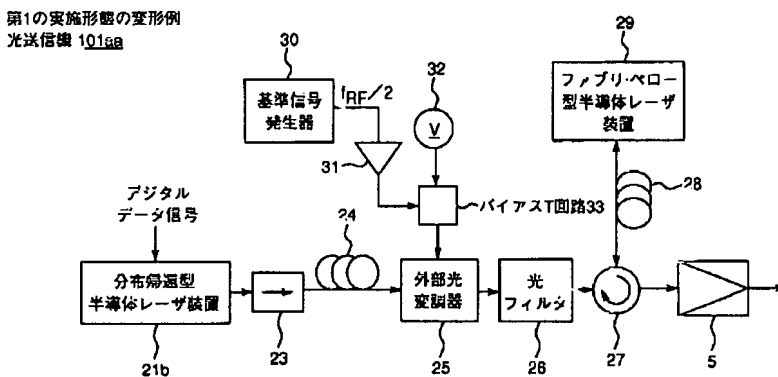
【図1】



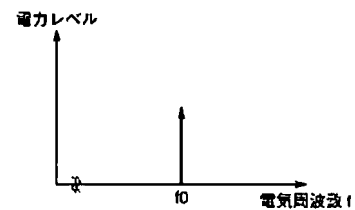
【図13】



【図2】

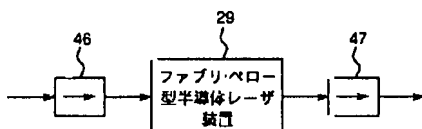


【図14】

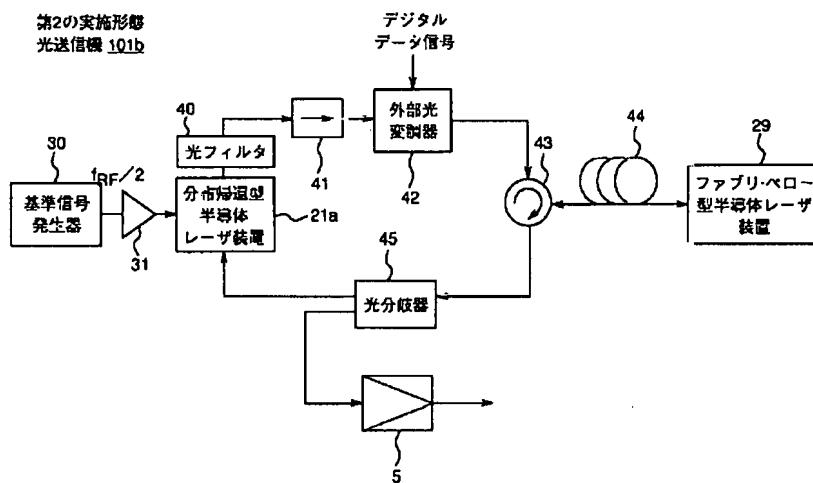


【図7】

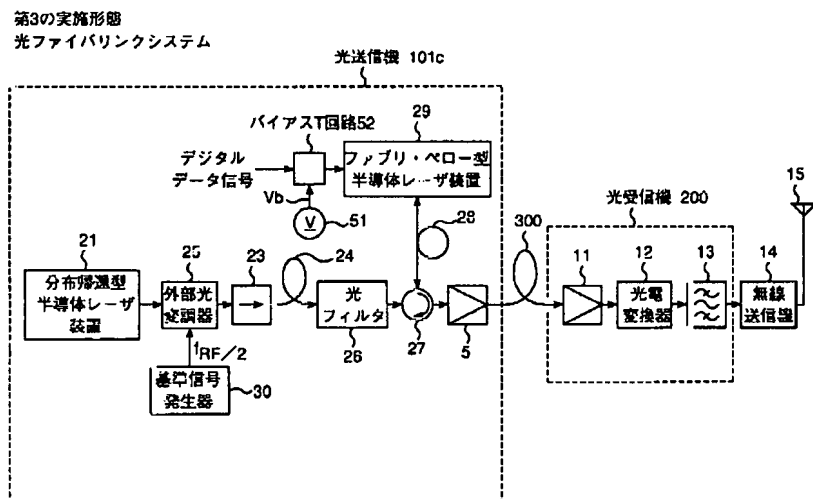
変形例



【図3】

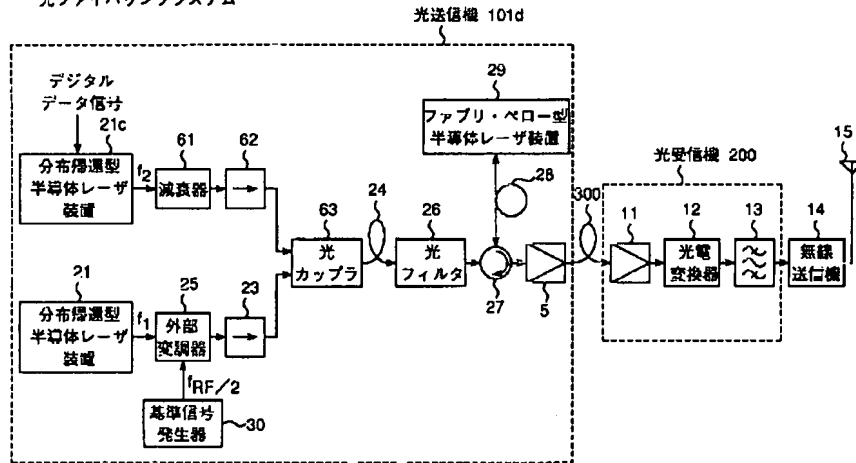


【図4】



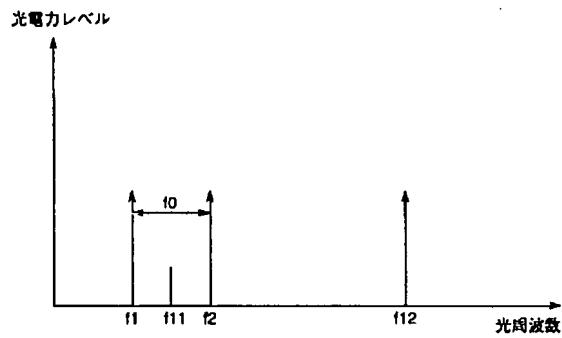
【図5】

第4の実施形態  
光ファイバリンクシステム

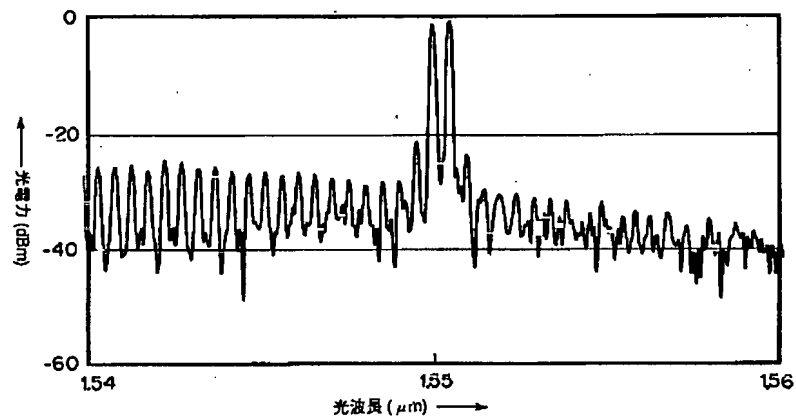


【図6】

第4の実施形態  
光増幅器5の出力

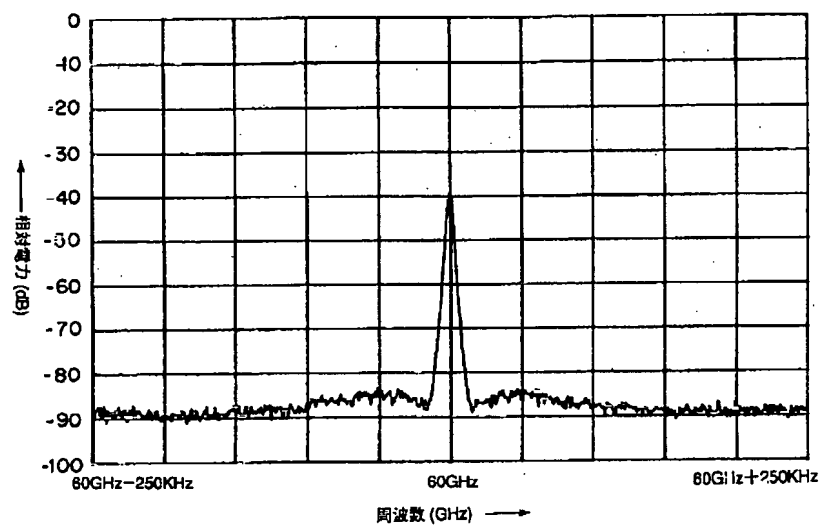


【図8】

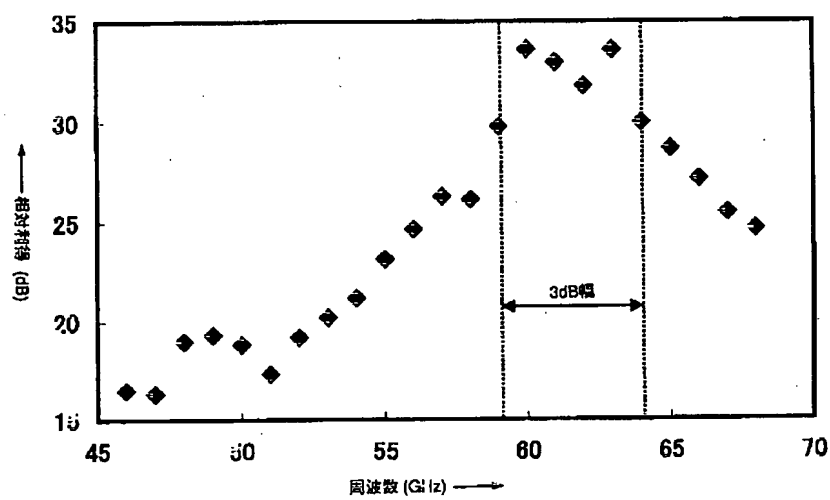




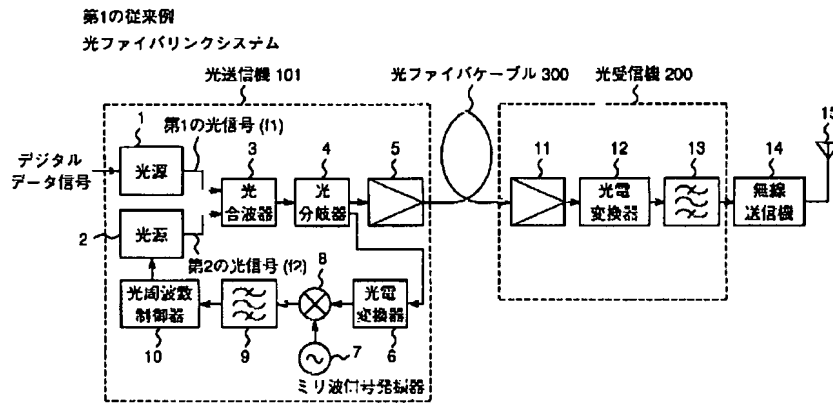
【图9】



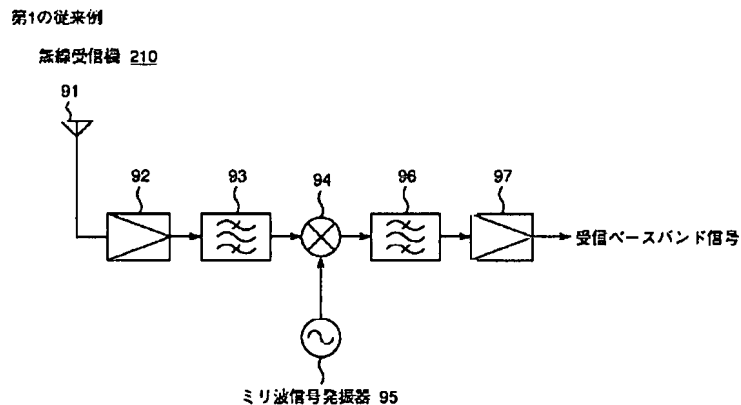
【图10】



【図11】



【図12】



## 【手続補正書】

【提出日】平成12年2月18日(2000.2.18)

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0032

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【0032】以上のように構成された光送信機101aにおいては、分布帰還型半導体レーザ装置21によって発生された光信号に対して高周波信号を用いて第2の外部光変調器25により強度変調をかけたものをマスタ光信号とし、当該マスタ光信号を、ファブリ・ペロー型半導体レーザ装置29に光注入することにより、マスタ光信号の特定の2つの光信号が多モードの光信号のうちの特定の2つの光信号に注入同期され、多モードの光信号

から選択的に当該特定の2つの光信号を発生させている。すなわち、低いQ値のファブリ・ペロー型半導体レーザ装置29を用いることにより、注入同期の引き込み範囲が広く、ミリ波搬送波周波数の可変範囲を広くでき、周波数の設定精度は、基準となる正弦波変調信号の周波数純度によってほぼ決められるため、位相雑音の少ない安定な搬送波周波数が光受信機の光電変換後に得られる。また、ファブリ・ペロー型半導体レーザ装置29は多モード発振帯域が広いいため、マスタ側光源である分布帰還型半導体レーザ装置21の発振周波数の選択範囲が広く、低コスト化・波長多重化などの点で有利となる。すなわち、光信号の発振波長を変更するときは、分布帰還型半導体レーザ装置21のみを取り替えばよいという利点がある。

(47) 100-310800 (P2000-310800A)

フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

(参考)

H 0 4 B 10/04